

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

А.Н. Пронин

«25» апреля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Меры угловые многогранные МУСЛ

Методика поверки

МП 2511-0007-2022

Руководитель отдела геометрических измерений

 Н.А. Кононова

Старший научный сотрудник

 3.В. Фомкина

г. Санкт-Петербург
2023

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на меры угловые многогранные МУСЛ (далее – меры), изготавливаемые ООО «Энергоавтоматика», Россия, используемые в качестве средств измерений или рабочих эталонов 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

| Номинальные значения рабочих углов | Допускаемые отклонения рабочих углов от номинальных значений | Доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 при применении в качестве рабочего эталона 2 разряда |
|------------------------------------|---|--|
| 15°, 30°, 45° | ±2" для исполнения 0 ±5" для исполнения 1 ±10" для исполнения 2 | ±1" |

1.2 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость мер к Государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482.

1.3 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: прямые измерения.

1.4 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.5 При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

| Наименование операции | Обязательность выполнения операции при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
| | первой поверке | периодической поверке | |
| 1. Внешний осмотр средства измерений | Да | Да | 7 |
| 2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Да | Да | 8 |
| 3. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: | | | 9 |
| 3.1. Определение отклонения от параллельности боковых сторон | Да | Нет | 9.1 |
| 3.2. Определение параметра шероховатости Ra измерительных поверхностей и боковых сторон по ГОСТ 2789 | Да | Нет | 9.2 |
| 3.3. Определение отклонения от плоскостности измерительных и остальных поверхностей | Да | Да | 9.3 |
| 3.4. Определение пирамидальности шести граней | Да | Да | 9.4 |
| 3.5. Определение отклонений рабочих углов от номинальных значений, подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да | Да | 9.5 |

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательных результатов по одному из пунктов.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$ 20 ± 3 ,
- допускаемое изменение температуры в помещении в течение 1 ч, $^{\circ}\text{C}$ $0,5$,
- относительная влажность воздуха, % 58 ± 15 .

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К работе со средствами поверки допускаются лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности.

4.2 К работе по поверке мер должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию, ознакомленные с документом, устанавливающим Государственную поверочную схему для средств измерений плоского угла, и эксплуатационной документацией на поверяемую меру и средства поверки, допущенные к поверке средств измерений геометрических величин.

Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки мер должны применяться средства измерений, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| п. 8.2 Контроль параметров окружающей среды | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 17 до 23 °C с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,2$ °C | Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18 |
| | Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 99 % с абсолютной погрешностью не более ± 2 % | Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18 |
| п. 9.1 Определение отклонения от параллельности боковых сторон | Средство измерений длины, диапазон измерений ± 20 мкм, предел допускаемой приведенной погрешности прибора не более 0,2 %; вспомогательное оборудование – стойка измерительная по ГОСТ 10197 | Прибор для поверки концевых мер длины Микрон-02, рег. № 44269-10 |
| п. 9.2 Определение параметра шероховатости Ra измерительных поверхностей и боковых сторон по ГОСТ 2789 | Средство измерений параметров шероховатости поверхности, пределы допускаемой погрешности измерений по параметру Ra не более ± 2 % | Прибор для измерений параметров шероховатости поверхности, рег. № 77690-20 |
| п. 9.3 Определение отклонения от плоскости измерительных и остальных поверхностей | Средство измерений отклонений от плоскости не более 0,06 мкм | Пластина плоская стеклянная ПИ60, 1 класс точности, рег. № 197-70 |
| | Средство измерений отклонений от плоскости не более 0,12 мкм | Пластина плоская стеклянная ПИ120, 2 класс точности, рег. № 197-70 |
| п. 9.4 Определение пирамидальности шести граней | Автоколлиматор двухкоординатный с абсолютной погрешностью измерений не более $\pm 0,6$ " в диапазоне значений (0-5)", вспомогательное оборудование – стол поворотный (0-360)° | Автоколлиматор АК-03У, рег. № 72732-18 |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|-----------------------------------|
| п. 9.5 Определение отклонений рабочих углов от номинальных значений, подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Рабочий эталон единицы плоского угла и средство измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла, утверждённой Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.11.2018 № 2482, в диапазоне значений (0-360)° | Гoniометр ДГ-03Ц, рег. № 75632-19 |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. | | |

5.2 Применяемые средства поверки должны быть поверены согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 № 2510, или аттестованы согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 11.02.2020 № 456.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в технической документации на меру, а также требования ГОСТ 12.2.003-91.

7 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр производится визуально.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида меры описанию типа и технической документации;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- соответствие комплектности меры паспорту;
- отсутствие механических повреждений, царапин, дефектов, следов коррозии на измерительных поверхностях меры;
- наличие типа меры, заводского номера, обозначения номинальных рабочих углов меры, логотипа и наименования предприятия-изготовителя и знака утверждения типа на боковой стороне меры;
- наличие типа, исполнения, заводского номера и года выпуска меры на укладочном ящике (футляре).

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки меры необходимо ознакомиться с технической документацией на нее.

8.2 Провести контроль параметров окружающей среды (температура, влажность окружающего воздуха) в помещении, где проводится поверка. Условия поверки должны соответствовать требованиям п. 3 настоящей методики.

8.3 Выдержать поверяемую меру не менее 3 часов при условиях, указанных в п. 3.

8.4 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение отклонения от параллельности боковых сторон

9.1.1 Подготовить прибор для поверки концевых мер длины Микрон-02 (далее – прибор Микрон-02). Закрепить индуктивный преобразователь Микрона-02 в стойке измерительной в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

9.1.2 Установить меру на столике стойки маркированной поверхностью вверх и провести измерения. Для этого с помощью прибора Микрон-02 снять показания в четырех угловых точках боковой стороны.

9.1.3 Отклонение от параллельности определить как разность между наибольшим и наименьшим показаниями прибора Микрон-02. Полученное значение представить в угловых единицах.

9.1.4 Отклонение от параллельности боковых граней меры не должно превышать 2".

9.2 Определение параметра шероховатости Ra измерительных поверхностей и боковых сторон по ГОСТ 2789

9.2.1 Подготовить прибор для измерений параметров шероховатости поверхности (далее прибор) к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

9.2.2 Установить меру на столике прибора так, чтобы одна из измерительных поверхностей меры была направлена в сторону щупа.

9.2.3 Опустить щуп до соприкосновения с измерительной поверхностью меры и провести измерения.

9.2.4 Провести измерения для всех граней меры согласно п. 9.2.2-9.2.3.

9.2.5 Провести измерения для боковых сторон меры согласно п. 9.2.2-9.2.3.

9.2.6 Параметр шероховатости Ra измерительных поверхностей и боковых сторон не должен превышать значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-------------|
| Параметр шероховатости Ra по ГОСТ 2789, мкм: | |
| - измерительных поверхностей; | 0,010-0,036 |
| - боковых сторон, не более | 0,100 |

9.3 Определение отклонения от плоскости измерительных и остальных поверхностей

9.3.1 Стеклянную пластину ПИ-60 наложить на одну из измерительных поверхностей и добиться такого контакта, при котором наблюдается наименьшее число интерференционных полос.

9.3.2 Отклонение от плоскости измерительной поверхности меры определить по искривлению наблюдаемых интерференционных полос.

9.3.3 Провести измерения для всех измерительных поверхностей меры согласно п. 9.3.1-9.3.2.

9.3.4 Провести измерения для остальных поверхностей меры согласно п. 9.3.1-9.3.2 с помощью стеклянной пластины ПИ-120.

9.3.5 Отклонение от плоскости не должно превышать значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

| Наименование характеристики | Значение |
|---|----------|
| Допускаемое отклонение от плоскости, мкм, не более: | |
| - измерительных поверхностей; | 0,15 |
| - остальных поверхностей | 0,3 |

9.4 Определение пирамидальности шести граней

9.4.1 Отклонение пирамидальности шести граней меры определить автоколлимационным способом.

9.4.2 Установить меру маркированной поверхностью вверх на поворотный стол таким образом, чтобы основание меры было перпендикулярно визирной оси автоколлиматора, используемого для поверки. Провести юстировку стола поворотного таким образом, чтобы плоскость измерений меры была перпендикулярна оси вращения стола. Визирная ось автоколлиматора должна быть направлена в середины измерительных поверхностей меры. Получить автоколлимационные изображения от каждой грани. Снять отсчеты с автоколлиматора по вертикали. За пирамидальности меры принять максимальную разность между двумя любыми отсчетами.

9.4.3 Пирамидальность шести граней меры не должна превышать 3".

9.5 Определение отклонений рабочих углов от номинальных значений, подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.5.1 Установить меру маркированной поверхностью вверх на поворотный стол гoniометра таким образом, чтобы основание меры было перпендикулярно визирной оси автоколлиматора.

9.5.2 Навести автоколлиматор на середину грани, являющуюся основанием меры. Снять показания α_{ocn_i} .

9.5.3 Повернуть стол поворотный против часовой стрелки на угол, равный $(180^\circ - \varphi_i)$, где φ_i – номинальное значение угла, указанное на измеряемой грани, и снять показания α_{ep_i} . Измерения проводить последовательно на всех трех измерительных гранях, задавая углы относительно основания $(180^\circ - \varphi_i)$ для граней 30° , 15° и $(180^\circ + \varphi_i)$ для грани 45° , до полного оборота, начиная и заканчивая на грани, являющейся основанием меры.

9.5.4 После завершения полного оборота провести измерения аналогично п. 9.5.2-9.5.3, поворачивая стол поворотный по часовой стрелке, задавая углы поворота относительно основания, равные $(180^\circ - \varphi_i)$ для грани 45° и $(180^\circ + \varphi_i)$ для граней 15° , 30° .

9.5.5 Провести ещё 3 серии измерений аналогично п. 9.5.2-9.5.4, начиная каждую с перестановки меры на столе на угол, равный 90° , и повторной юстировки меры.

9.5.6 После окончания измерений каждой серии вычислить углы между рабочими гранями и основанием меры при прямом и обратном ходах по формуле

$$\Delta\alpha_i = \alpha_{ep_i} - \alpha_{ocn_i}, \quad (1)$$

где i – порядковый номер измерения.

9.5.7 Определить значения рабочих углов меры β_j для каждой серии измерений при прямом и обратном ходах по формуле

$$\beta_j = |180^\circ - |\Delta\alpha_i||, \quad (2)$$

где j – условное обозначение измеряемого рабочего угла (15° , 30° , 45°).

9.5.8 Определить средние арифметические значения рабочих углов, полученных по формуле 2 на одноименных гранях при прямом $\beta_{i,np}$ и обратном $\beta_{i,obp}$ ходах, для каждой серии по формуле

$$\bar{\beta}_j = \frac{\beta_{j,np} + \beta_{j,obp}}{2} \quad (3)$$

9.5.9 После окончания измерений всех серий вычислить среднее арифметическое значение рабочих углов по четырем сериям по формуле

$$\bar{\beta}_j' = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{\beta}_{j_k}}{n}, \quad (4)$$

где k – порядковый номер серии измерений,

n – количество серий измерений.

Полученные значения принять за действительные значения рабочих углов меры.

9.5.10 Определить отклонения рабочих углов от номинальных значений как разность между полученными действительными значениями рабочих углов и номинальными.

9.5.11 Полученные значения отклонений от номинального значения рабочих углов меры не должны превышать значений, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

| Наименование характеристики | Значение |
|---|---------------|
| Номинальные значения рабочих углов меры МУСЛ | 15°, 30°, 45° |
| Допускаемые отклонения рабочих углов от номинальных значений: | |
| исполнение 0 | ±2" |
| исполнение 1 | ±5" |
| исполнение 2 | ±10" |

9.5.12 Для оценки соответствия метрологических характеристик меры обязательным метрологическим требованиям необходимо вычислить доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 по формуле

$$\Delta = \pm t \cdot S_{\Sigma}, \quad (5)$$

где *t* – коэффициент Стьюдента, равный 5,841;

S_Σ – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результатов измерений, вычисленное по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (\bar{\beta}_j - \bar{\beta}_j')^2}{m \cdot n \cdot (n-1)}}, \quad (6)$$

где *m*=3 – количество рабочих углов;

n=4 – количество серий измерений.

9.5.13 Критерии подтверждения соответствия обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к эталону.

Если значения отклонений рабочих углов от номинальных значений удовлетворяют требованиям п. 9.5.11 настоящей методики, то нормированные характеристики меры сравниваются с обязательными метрологическими требованиями, предъявляемыми п. 4.1.2.2 Государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта № 2482 от 26.11.2018 г. (далее – ГПС).

Мера считается прошедшей поверку в качестве рабочего эталона 2 разряда в соответствии с 1, 3 частями ГПС, если полученное значение доверительных границ абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 не превышает ±1".

10 Оформление результатов поверки

10.1 При проведении поверки меры оформляют протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

10.2 Меру, удовлетворяющую требованиям настоящей методики поверки, признают годной к применению. При отрицательных результатах поверки по одному из пунктов методики мера не допускается к применению.

10.3 Результаты поверки вносят в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке или извещение о непригодности. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления).

Приложение А
Форма протокола поверки (рекомендуемая)

Протокол поверки №_____

| | |
|--|--|
| Наименование средства измерения, тип | |
| Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде | |
| Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение | |
| Изготовитель | |
| Год выпуска | |
| Заказчик (наименование и юридический адрес) | |
| Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии) | |
| Дата предыдущей поверки | |

Вид поверки: _____.

Методика поверки: МП 2511-0007-2022 «ГСИ. Меры угловые многогранные МУСЛ. Методика поверки», согласованная ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 25 апреля 2023 г.

Средства поверки: _____.

Условия проведения поверки

- температура окружающего воздуха, °С
- изменение температуры в помещении в течение 1 ч, °С.....
- относительная влажность воздуха, %.....

Результаты поверки

1 Внешний осмотр и опробование средства измерений

2 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

2.1 Определение отклонения от параллельности боковых сторон

2.2 Определение параметра шероховатости Ra измерительных поверхностей и боковых сторон по ГОСТ 2789

2.3 Определение отклонения от плоскостности измерительных и остальных поверхностей

2.4 Определение пирамидальности шести граней

2.5 Определение отклонений рабочих углов от номинальных значений, подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Таблица 1

| Номинальное значение угла | Действительное значение угла |
|---------------------------|------------------------------|
| 15° | |
| 30° | |
| 45° | |

Отклонения от номинальных значений рабочих углов меры не превышают _____.

Доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 составляют _____ (для рабочего эталона).

Заключение:

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца СИ):

Свидетельство о поверке № _____ от _____

Поверку произвел _____

ФИО

Подпись

Дата